论　著

术前DCE-MRI及DWI与结直肠癌手术病理结果的一致性分析*

薄文伟*　杨海鹏　许梓童
北京市良乡医院医学影像科 (北京 102400)

【摘要】**目的** 分析术前动态对比增强磁共振成像(DCE-MRI)定量参数和弥散加权成像(DWI)的表观弥散系数(ADC)值与结直肠癌(CRC)临床特征及病理结果的相关性。**方法** 选取2021年12月至2024年12月本院收治的CRC患者135例，均行手术治疗及DCE-MRI、DWI检查，以病理结果为“金标准”，评价DCE-MRI、DWI对临床病理特征的诊断价值。比较不同分化程度、病理分期、淋巴结转移情况组间DCE-MRI、DWI参数值，Spearman法分析CRC手术病理结果与术前DCE-MRI及DWI参数的相关性，采用受试者工作特征(ROC)曲线分析DCE-MRI及DWI参数对CRC手术病理结果的预测价值，分析术后病理结果与DCE-MRI、DWI参数诊断结果的一致性。**结果** 高、中、低分组DWI信号依次增高，ADC值依次降低，容量转移常数(K^{trans})依次升高($P<0.05$)；T1、T2、T3、T4期组K^{trans}值依次升高，ADC值依次降低($P<0.05$)；与无淋巴结转移组比较，有淋巴结转移组K^{trans}值更高，ADC值则更低($P<0.05$)。Spearman分析显示，K^{trans}与CRC分化程度呈负相关，ADC值则呈正相关($P<0.05$)；K^{trans}与T分期、有无淋巴结转移呈正相关，ADC值与CRCT分期、有无淋巴结转移则呈负相关($P<0.05$)。ROC曲线分析显示，K^{trans}＋ADC参数联合预测CRC分化程度、T分期、淋巴结转移预测效能较单独预测效能更好($P<0.05$)；DCE-MRI、DWI鉴别诊断分化程度、T分期、淋巴结转移与术后病理结果的一致性的Kappa值分别为0.708、0.719、0.706。**结论** 术前DCE-MRI及DWI对CRC分化程度、病理分期、淋巴结转移情况有较高的诊断价值，且与手术病理结果的一致性较好。

【关键词】动态对比增强；磁共振成像；弥散加权成像；结直肠癌手术
【中图分类号】R574.6；R445.2
【文献标识码】A
【基金项目】首都卫生发展科研专项项目(首发2020-4-7073)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.04.045

Consistency Analysis of Preoperative DCE-MRI and DWI with Pathological Results of Colorectal Cancer Surgery*

BO Wen-wei*, YANG Hai-peng, XU Zi-tong.
Department of Medical Imaging, Beijing Liangxiang Hospital, Beijing 102400, China

ABSTRACT
Objective Analyze the correlation between preoperative dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) quantitative parameters and diffusion-weighted imaging (DWI) apparent diffusion coefficient (ADC) values with clinical features and pathological outcomes of colorectal cancer (CRC). ***Methods*** 135 CRC patients admitted to our hospital from December 2021 to December 2024 were selected, all of whom underwent surgical treatment and DCE-MRI and DWI examinations. The pathological results were used as the gold standard to evaluate the diagnostic value of DCE-MRI and DWI for clinical pathological features. Compare the DCE-MRI and DWI parameter values between groups with different degrees of differentiation, pathological stages, and lymph node metastasis. Use Spearman's method to analyze the correlation between CRC surgical pathological results and preoperative DCE-MRI and DWI parameters. Use receiver operating characteristic (ROC) curves to analyze the predictive value of DCE-MRI and DWI parameters on CRC surgical pathological results. Analyze the consistency between postoperative pathological results and DCE-MRI and DWI parameter diagnostic results. ***Results*** The DWI signals of high, medium, and low groups increased sequentially, the ADC values decreased sequentially, and the capacity transfer constant (K^{trans}) increased sequentially ($P<0.05$); The K^{trans} values in T1, T2, T3, and T4 stages increased sequentially, while the ADC values decreased sequentially ($P<0.05$); Compared with the group without lymph node metastasis, the group with lymph node metastasis had higher Ktrans values and lower ADC values ($P<0.05$). Spearman analysis showed that K^{trans} was negatively correlated with the degree of CRC differentiation, while ADC values were positively correlated ($P<0.05$); K^{trans} is positively correlated with T stage and lymph node metastasis, while ADC value is negatively correlated with CRCT stage and lymph node metastasis ($P<0.05$). ROC curve analysis showed that the combined prediction of K^{trans}+ADC parameters for CRC differentiation, T stage, and lymph node metastasis had better predictive performance than individual prediction ($P<0.05$); The Kappa values for the consistency between DCE-MRI and DWI in distinguishing differentiation degree, T staging, lymph node metastasis, and postoperative pathological results were 0.708, 0.719, and 0.706, respectively. ***Conclusion*** Preoperative DCE-MRI and DWI have high diagnostic value for CRC differentiation, pathological staging, and lymph node metastasis, and their consistency with surgical pathological results is good.

Keywords: Dynamic Contrast Enhancement; Mmagnetic Resonance Imaging; Diffusion Weighted Imaging; Colorectal Cancer Surgery

结直肠癌(colorectal cancer, CRC)是消化系统常见的恶性肿瘤之一[1]，好发于直肠及直肠与乙状结肠交界处，发病影响因素众多[2]。文献报道，我国CRC发病率高达28.8%，死亡率10%，对患者的生命与健康造成严重危害[3]。根治性手术是临床处置CRC的主要方式，但术前对患者的分化程度、T分期及淋巴结转移等临床病理因素进行准确评估，有助于制定最佳的治疗方案，改善CRC的预后，提高患者的生存率及生活质量[4]。目前，用于CRC术前检查的方法有结肠镜、CT等技术，具有操作简单、无创伤的优点，对CRC检出率有较高的准确度，但对肿瘤浸润深度(T分期)及直肠周围的转移淋巴结无法准确诊断[5]。因此，术前寻找可靠且便捷的诊断技术有重要临床意义。磁共振(magnetic resonance imaging, MRI)成像技术具有分辨率高、无辐射、无创等多种优势，在淋巴结转移情况、肿瘤浸润肠壁深度以及多种肿瘤性疾病的诊断中应用广泛。动态对比增强磁共振成像(dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI)成像可从血流动力学水平观察肿瘤形态，可反映肿瘤组织的血流灌注状态[6]。弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)是一种用水分子布朗运动原理反应组织良恶性的常用影像学技术，通过水分子在组织中的弥散特性间接反映了肿瘤组织的微动态和微观结构的变化[7]。目前关于DCE-MRI、DWI参数是否与CRC病理特征存在相关性有待进一步探讨，因此本研究对CRC术前DCE-MRI及DWI参数进行分析，探究术前DCE-MRI、DWI参数与CRC手术病理结果一致的分析。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年12月至2024年12月我院收治的CRC患者135例。男85例，女50例；年龄范围26~78岁，平均(54.13±10.05)岁。

纳入标准：(1)经病理学确诊为CRC；(2)接受CRC全肠系膜切除术；(3)接受DCE-MRI、DWI检查者；(4)检查前未接受放疗及化疗治疗；排除标准：(1)合并其他恶性肿瘤者；(2)凝血功能障碍者；(3)经手术治疗后无病理结果者；(4)临床资料不全者。

【第一作者】薄文伟，男，副主任医师，主要研究方向：腹部放射学。E-mail：13811255483@163.com
【通讯作者】薄文伟

本研究已获得医院伦理委员会批准。

1.2 方法 应用西门子skyra 3.0T MRI检查，使用18通道体表相控阵列线圈扫描。在扫描前一晚禁食并给予清肠药，患者取仰卧位，平躺于扫描床。扫描序列：扫描T1WI、T2WI、矢状位、冠状位等常规轴位，并进行轴位DWI序列扫描，随后进行DCE-MRI扫描，以0.2 mmol/kg的剂量，流速3 mL/s采用高压注射器在肘正中静脉注射GD-对比剂，待注射结束，采用20 mL0.9%生理盐水冲洗管道。DWI扫描参数：TR 6500 ms，TE 74 ms，激励次数4，层厚5mm，矩阵192×128，无间隔扫描，b值50、1000 s/mm^2。DCE-MRI扫描参数：应用T1 VIBE序列，TR 5.08 ms，TE 1.9 ms，视野26 cm×36 cm，层厚0.4 cm，层距0.3 cm，矩阵154×192，翻转角度20°，共30期扫描。

1.3 图像分析及数据处理 由两名具有多年影像诊断经验的医师进行双盲分析，两医师测量的最终结果再取平均值作为最终数据。所有数据导入singo via后处理工作站，轴位层面勾画感兴趣区(ROI)，避开周围组织器官、囊变、出血等区域。由软件得出容量转移常数(K^{trans})，速率常数(K_{ep})，溶剂分数(V_e)。K^{trans}是指对比剂从管腔内扩散到血管腔外的速度常数，K_{ep}是指组织间隙的对比剂经过若干时间重新流到血管内的速度常数，V_e是指血管外细胞外间隙占整个体速的容积比。

DWI分析：MRI数据导入后处理工作站，整阈值，确定b值，自动生成表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)直方图参数。所有定量参数测量3次取均值为最终ADC值。

1.4 分组方法 根据病理结果诊断CRC分化程度、T分期、淋巴结转移。

(1)分化程度分组：根据病理结果将肿瘤细胞的分化程度分为为高分化组(30例)、中分化组(78例)、低分化组(27例)；

(2)T分期分组：根据病理结果并参考《NCCN结直肠癌临床实践指南》[8]将CRC患者分为T_1期(18例)、T_2期(20例)、T_3期(61例)、T_4期(36例)；

(3)依据世界胃肠病学大会(World Congress of Gastroenterology, WCOG)[9]标准进行病理诊断，将有无淋巴结转移患者分为有淋巴结转移组(43例)、无淋巴结转移组(92例)。

1.5 统计学方法 采用SPSS 20.0统计学软件分析数据，计量资料用($\bar{x}\pm s$)表示并进行t检验；计数资料用例(%)表示并进行χ^2检验或秩和检验，采用Kappa检验分析DCE-MRI、DWI与手术病理结果的一致性，绘制受试者工作特征(ROC)曲线进行预测效能评估。以$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 CRC不同分化程度组、不同T分期、有无淋巴结转移组DCE-MRI定量参数、ADC值的比较 高分化组、中分化组、低分组DWI信号依次增高，ADC值依次降低，K^{trans}则依次升高($P<0.05$)；低分组、中分化组、高分化组K_{ep}、V_e比较差异无统计学意义($P>0.05$)；T1、T2、T3、T4期组K^{trans}值依次升高，ADC值依次降低($P<0.05$)；T1、T2、T3、T4期组K_{ep}、V_e比较差异无统计学意义($P>0.05$)；有淋巴结转移组K^{trans}值高于无淋巴结转移组，有淋巴结转移组ADC值则较低($P<0.05$)，有淋巴结转移组K_{ep}、V_e值与无淋巴结转移组比较差异无统计学意义($P>0.05$)，见表1。

表1 CRC不同分化程度组、不同T分期、有无淋巴结转移组DCE-MRI定量参数、ADC值的比较

组别	n	K^{trans}(min^{-1})	K_{ep}(min^{-1})	V_e(%)	ADC(mm^2/s)
高分化	30	0.19±0.03	0.59±0.15	0.35±0.04	1.36±0.20
中分化	78	0.23±0.04	0.53±0.12	0.34±0.06	1.17±0.26
低分化	27	0.28±0.06	0.55±0.10	0.37±0.08	0.88±0.11
F值		31.338	2.555	2.448	32.804
*P*值		0.000	0.082	0.090	0.000
T1	18	0.18±0.02	0.51±0.06	0.33±0.04	1.51±0.27
T2	20	0.19±0.01	0.58±0.09	0.31±0.05	1.40±0.35
T3	61	0.24±0.04	0.54±0.05	0.34±0.03	1.09±0.23
T4	36	0.25±0.05	0.60±0.19	0.37±0.15	1.03±0.34
F值		17.258	2.565	2.456	17.124
*P*值		0.000	0.057	0.066	0.000
有淋巴结转移	43	0.26±0.05	0.60±0.16	0.36±0.08	1.15±0.19
无淋巴结转移	92	0.20±0.03	0.54±0.19	0.34±0.04	1.21±0.18
t值		8.664	1.794	1.940	1.738
*P*值		0.000	0.075	0.055	0.045

2.2 CRC不同分化程度组、不同T分期、有无淋巴结转移组与DCE-MRI定量参数、ADC值相关性分析 Spearman相关性分析显示，K^{trans}与CRC分化程度呈负相关，ADC值则呈正相关($P<0.05$)；K^{trans}与T分期、有无淋巴结转移呈正相关，ADC值与T分期、有无淋巴结转移则呈负相关($P<0.05$)，见表2。

表2 CRC不同分化程度组、不同T分期、有无淋巴结转移组DCE-MRI定量参数、ADC值的相关性分析

指标	不同分化程度		不同T分期		有无淋巴结转移	
	r	*P*	r	*P*	r	*P*
K^{trans}(min^{-1})	-0.457	0.037	0.754	0.012	0.747	0.019
ADC(mm^2/s)	0.484	0.020	-0.321	0.035	-0.668	0.041

2.3 DCE-MRI定量参数、ADC值对CRC手术病理结果的预测价值 ROC曲线分析显示，K^{trans}单独预测CRC分化程度、T分期、淋巴结转移的AUC(95%CI)分别为0.824(0.735~0.893)、0.712(0.618~0.784)、0.709(0.723~0.854)，ADC单独预测CRC分化程度、T分期、淋巴结转移的AUC(95%CI)分别为0.708(0.608~0.79)、0.701(0.598~0.788)、0.708(0.612~0.765)，K^{trans}+ADC参数联合预测CRC分化程度、T分期、淋巴结转移AUC(95%CI)为0.906(0.831~0.955)、0.905(0.716~0.987)、0.907(0.801~0.957)，联合预测效能较单独预测效能更好($P<0.05$)，见表3。

表3 DCE-MRI定量参数、ADC值诊断分化程度、T分期、淋巴结转移的诊断价值

指标	分化程度(低分化)			T分期(Ⅲ~Ⅳ)			淋巴结转移		
	K^{trans}	ADC	联合	K^{trans}	ADC	联合	K^{trans}	ADC	联合
最佳截断值	0.181	0.179	0.15*	0.203	1.578	0.18*	0.208	0.189	0.11*
灵敏度%	87.47	73.25	92.59	88.89	78.84	92.78	83.21	71.23	93.03
特异度%	68.98	63.25	77.78	71.25	69.31	76.31	72.20	69.25	77.17
约登指数	0.565	0.365	0.702	0.601	0.482	0.734	0.554	0.405	0.667
AUC	0.824	0.708	0.906	0.712	0.701	0.905	0.709	0.708	0.907
95%CI	0.735~0.893	0.608~0.79	0.831~0.955	0.618~0.784	0.598~0.788	0.716~0.987	0.723~0.854	0.612~0.765	0.801~0.957

2.4 K^{trans}联合ADC诊断结果与术后病理诊断结果一致性分析 K^{trans}联合ADC鉴别诊断CRC分化程度、T分期、淋巴结转移的准确度分别为80.74%、88.14%、82.22%，与病理诊断的一致性Kappa分别为0.708、0.719、0.706，一致性较好，见表4、表5、表6。

表4 K^{trans}联合ADC诊断与病理诊断低分化程度结果的比较

K^{trans}联合ADC	手术病理		合计
	阳性	阴性	
阳性	25	24	49
阴性	2	84	86
合计	27	108	135

注：Kappa=0.708

表5 K^{trans}联合ADC诊断与病理诊断T(Ⅲ~Ⅳ)分期结果的比较

K^{trans}联合ADC	手术病理		合计
	阳性	阴性	
阳性	90	9	99
阴性	7	29	36
合计	97	38	135

注：Kappa＝0.719

表6 K^{trans}联合ADC诊断与病理诊断淋巴结转移结果的比较

K^{trans}联合ADC	手术病理		合计
	阳性	阴性	
阳性	40	21	61
阴性	3	71	74
合计	43	92	135

注：Kappa＝0.706

2.5 典型病例 患者女，76岁，直肠癌低分化腺癌，T3N0Mx期，MR平扫T2WI轴位，见图1A，呈稍高信号；DCE-MRI矢状位，见图1B，增强扫描明显强化，侵犯直肠全层；DWI呈弥散受限高信号，见图1C；ADC相应序列呈低信号，见图1D。

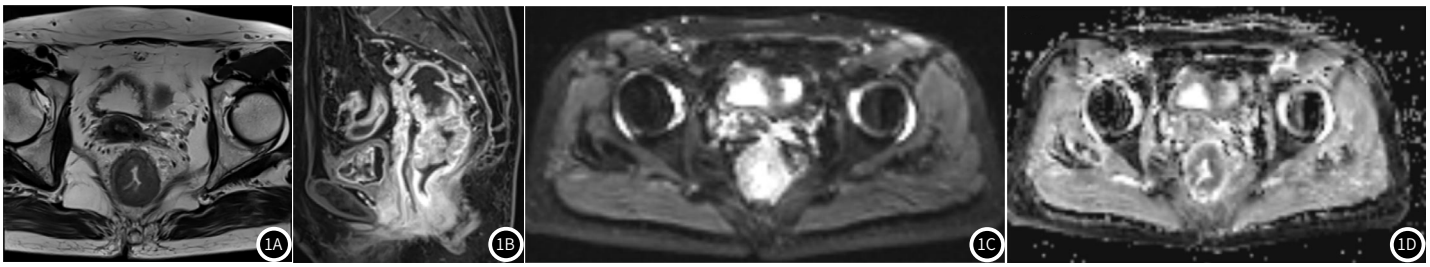


图1 直肠癌DCE-MRI、DWI检查图像。1A:MR平扫T2WI轴位；1B：CE-MRI矢状位增强扫描明显强化，侵犯直肠全层；1C：DWI呈弥散受限高信号；1D：ADC相应序列呈低信号。

3 讨　论

CRC的发生、发展与血管生成密切相关[10]。在CRC的发展过程中，多种血管活性物质的分泌可导致肿瘤微血管密度的增加以及肿瘤微循环中血液体积和流量的改变[11]。DCE-MRI可测量病变微循灌注的特征，DWI可通过水分子在组织中的弥散特性的恶性程度[12-13]。在本研究中DCE-MRI的定量参数K^{trans}在CRC恶性病变中显著增加，而ADC值显著降低，与既往研究具有一致性[14]。K^{trans}、ADC值联合预测CRC的分化程度、T分期、淋巴结转移中表现出高敏感性、特异性、准确性，说明K^{trans}与ADC值可能在临床应用于CRC癌术前的诊断。

K^{trans}是反映对比剂在血管内与细胞血管外间隙的转移数值，其值主要与肿瘤局部组织的血液含量、血管内皮渗透表面积有关，与肿瘤的恶性程度有关[15]。ADC值可反映水分子的弥散受限数据的平均水平及血管的微循环，弥散越受限，DWI信号越高，说明肿瘤恶性程度越高[16]。本研究结果显示，高分化组、中分化组、低分组K^{trans}值依次升高，ADC则依次降低，T1、T2期组K^{trans}值低于T3、T4期组，ADC值则较高，淋巴结转移组K^{trans}值高于无淋巴结转移组，有淋巴结转移组ADC值则较低。分析原因为：K^{trans}随着肿瘤分化程度的降低，依次升高，ADC值依次降低，血流灌注随着肿瘤恶性程度增高而增大，血管的渗透面积及通透性随之增大，进而加快对比剂在血管内扩散到血管外的速率，K^{trans}值升高，细胞的异型性随着分化程度的降低越显著，细胞与细胞之间排列越紧密，使细胞内、外水分自由运动的空间越小， ADC值降低。T分期的增高，K^{trans}相应增高，说明随着肿瘤恶性程度的增加及肿瘤的生长发育血流灌注量增多，加重血管的浸润性破坏，进而加快血管的通透性，K^{trans}值增高，ADC值随着肿瘤浸润肠壁的深度增加而降低，肿瘤细胞破坏正常的组织细胞，导致细胞内外间隙越来越小，水分子扩散减慢，DWI信号增高，ADC值减小。转移性淋巴结内新生毛细血管由于肿瘤细胞的浸润发育不成熟，增大了血管内皮间隙，对比剂通透性加快，加之CRC细胞增殖速度快，细胞排列紧密、密度大，癌细胞内外间隙小，水分子不易扩散，因此DWI呈局灶性高信号，ADC图明显低信号，K^{trans}值升高。Arian A等[17]研究指出，直肠癌术前采用DCE-MRI、DWI参数预测转移性淋巴结，ADC值与K^{trans}值发生异常。

本研究经Spearman相关性分析显示，K^{trans}与CRC分化程度、T分期、有无淋巴结转移呈正相关，ADC值与CRC分化程度、T分期、有无淋巴结转移则呈负相关，说明随着病情的进展，K^{trans}、ADC值相应升高与降低，表明K^{trans}、ADC与CRC的恶性程度、病理分型有密切相关。Ao W等[18]研究发现，K^{trans}、ADC值与CRC的临床病理特征有密切联系。本研究Ktrans联合ADC诊断结果与术后病理诊断结果一致性分析结果显示，K^{trans}联合ADC鉴别诊断CRC分化程度、T分期、淋巴结转移的准确度分别为80.74%、88.14%、82.22%，Kappa分别为0.708、0.719、0.706，说明DCE-MRI联合DWI术前检查能有效诊断CRC分化程度、分期程度以及淋巴结转移情况，可评估CRC恶性程度，制定合理治疗方案。Ao F等[19]研究表明，DWI联合DCE-MRI可有效预测乳腺患者的恶性程度。本研究采用ROC曲线分析显示，K^{trans}＋ADC联合预测CRC病理结果的AUC为高于各项单独诊断，提示参数K^{trans}、ADC两者联合预测有助于提高CRC肿瘤的恶性程度的诊断价值，成为CRC术前诊断及分期重要检查方法。刘凯等[20]研究发现，K^{trans}联合ADC对前列腺癌及临床分期具有较高的诊断价值，有助于评估疾病的恶性程度。

本研究的局限性在于纳入的样本量较少，随访时间较短，可能导致结果出现一定偏倚，仅对术前DCE-MRI及DWI技术对手术病例结果的诊断价值进行讨论，未来会开展多中心、大样本研究以获取更多证据支持，重点研究DCE-MRI联合DWI对CRC术前新辅助放化疗疗效的判断以及在CRC新辅助治疗后的在分期的预测价值。

综上所述，DCE-MRI联合DWI的定量参数K^{trans}与ADC均具有良好的诊断效能，且K^{trans}与ADC联合诊断CRC恶性程度、病理分型效能更高，能够为CRC患者术前诊断提供一定的指导价值。

参考文献

[1]陈思思,姚海欣,陈瑜.结直肠癌化疗患者癌症复发恐惧现状及影响因素分析[J].中华全科医学,2022,20(1):148-151.
[2]LIN JS,PERDUE LA,HENRIKSON NB,et al.Screening for colorectal cancer:updated evidence report and systematic review for the US preventive services task force[J].JAMA,2021,325(19):1978-1998.
[3]周雄,胡明,李子帅,等.2020年全球及中国结直肠癌流行状况分析[J].海军军医大学学报,2022,43(12):1356-1364.
[4]WHITTAKER TM,ABDELRAZEK MEG,FITZPATRICK AJ,et al.Delay to elective colorectal cancer surgery and implications for survival:a systematic review and meta-analysis[J].Colorectal Dis,2021,(7):1699-1711.
[5]彭军,宋光林,罗强.CT,MRI检查在结直肠癌术前评估中的应用价值分析[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(3):143-145.
[6]周雨,陈泽乐,周方程,等.DCE-MRI减影联合血清miR-133a-3p及CCR3预测TACE治疗肝细胞癌早期效果[J].中国介入影像与治疗学,2023,20(3):134-138.
[7]李振玉,牛永超,闫少华,等.DCE-MRI,DWI联合血清c-Met,MACC1对宫颈癌盆腔淋巴结转移的诊断价值[J].海南医学,2023(23):3446-3450.
[8]姚宏伟,刘荫华.NCCN结直肠癌临床实践指南2011年更新解读[J].中华胃肠外科杂志,2011,14(4):234-238.
[9]辛磊,胡良崐,时永全,等.世界胃肠病大会(Gastro 2013 APDW/WCOG)纪要[J].中华消化内镜杂志,2014,31(1):53-55.

(参考文献下转第153页)

骨折的形态与增生反应带的形态基本一致，均为V形及横形，推测其形成及形态与局部应力增大密切相关，当峰值应力超过临界承载力时，会发生深部松质骨微骨折，微骨折产生的小碎块会被破骨细胞吸收并被肉芽组织替代，导致坏死区骨折的形成。

本研究结果显示坏死区骨折较软骨下骨折与骨质吸收区及T2不均匀高信号相连的几率更大。骨质吸收区是由于破骨细胞对机械应力刺激引起的反复微骨折的吸收而形成的[23]。T2不均匀高信号对应于CT上的骨质吸收区[24]。Hamada等[25]研究发现，硬化边附近坏死骨的骨折是由骨质吸收区延伸而来，Bae J等[7]认为修复区骨质吸收区的扩大可能引起坏死区骨折，且坏死区骨折与骨质吸收区相连的几率较软骨下骨折大，与本研究结果一致。本研究中坏死区骨折伴随的股骨头塌陷发生率明显高于软骨下骨折，且坏死区骨折中ARCO 3B期病例较软骨下骨折多，说明坏死区骨折较软骨下骨折在FHN进程中发生相对较晚，且更严重，因此，在股骨头坏死中观察到坏死区骨折应高度重视，积极干预。

关节积液通常由股骨头坏死释放的炎性因子刺激而产生，最常见于ARCO 3期，与髋关节疼痛相关[26]。本研究中坏死区骨折合并的关节积液相对软骨下骨折稍多，但差异无统计学意义。推测坏死区骨折可能释放更多的炎性因子，从而刺激关节滑膜，使关节积液增多。

本研究的局限性：首先，由于本院门诊患者多来自外地，路途遥远，住宿及往返费用高，而MR检查预约时间长，多需患者等待数日或离开后再次来院进行检查，时间及经济成本高，因此患者行MR检查相对较少，使得病例数较少，样本量偏小；其次，本研究无病理对照，无法进一步探讨坏死区骨折的病理基础。

综上所述，股骨头坏死区骨折较软骨下骨折更粗、位置更深，MR图像增生反应带旁T2WI/PDWI上条带状高或稍高信号，伴股骨头塌陷强烈提示坏死区骨折的诊断。当股骨头内有大范围骨质坏死，且伴有T2不均匀高信号时，应高度怀疑存在坏死区骨折。准确掌握坏死区骨折的MR特征，有助于提高MR围塌陷期分期的准确性。

参考文献

[1]Konarski W,Pobo y T,liwczyński A,et al.Avascular necrosis of femoral head-overview and current state of the art[J].Int J Env iron Res Public Health,2022,19:7348.
[2]赵素贞.对比分析CT和核磁共振诊断股骨头坏死的临床作用[J].罕少疾病杂志,2019,26(3):9-11.
[3]Pijnenburg L,Felten R,Javier RM.A review of avascular necrosis,of the hip and beyond.Rev Med Interne[J].Rev Med Interne,2020,41:27-36.
[4]Van der Jagt D,Mokete L,Pietrzak J,et al.Osteonecrosis of the femoral head:evaluation and treatment[J].J Am Acad Orthop Surg,2015,23:69-70.
[5]Yoon BH,Mont MA,Koo KH,et al.The 2019 revised of association research circulation osseous staging system of osteonecrosis of the femoral head[J].J Arthroplasty,2020,35:933-940.
[6]Stevens K,Tao C,Lee SU,et al.Subchondral fractures in osteonecrosis of the femoral head:comparison of radiography,CT,and MR imaging[J].Am J Roentgenol,2003,180:363-368.
[7]Uetani M,Hashmi R,Ito M,et al.Subchondral insufficiency fracture of the femoral head:magnetic resonance imaging findings correlated with micro-computed tomography and histopathology[J].J Comput Assist Tomogr,2003,27:189-193.
[8]Bae J,Lee SK,Kim J,et al.What is new in stage 3 of the 2019 revised association research circulation osseous staging system of osteonecrosis of the femoral head:a relationship to bone resorption[J].J Comput Assist Tomogr,2023,47(5):774-781.
[9]Zhao D,Zhang F,Wang B,et al.Guidelines for clinical diagnosis and treatment of osteonecrosis of the femoral head in adults (2019 version)[J].J Orthop Translat,2020,21:100-110.
[10]Shi S,Luo P,Sun L,et al.Prediction of the progression of femoral head collapse in ARCO stage 2-3A osteonecrosis based on the initial bone resorption lesion[J].Br J Radiol,2021,94(1117):20200981.
[11]Wu W,He W,Wei QS,et al.Prognostic analysis of different morphology of the necrotic-viable interface in osteonecrosis of the femoral head[J].Int Orthop,2018,42:133-139.
[12]祁同宁,常韬,刘允珍,等.非创伤性股骨头坏死MRI骨髓水肿征象与病程分期的相关性探讨[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(12):171-173.
[13]史珊,罗萍,杨学东,等.ARCO 2/3期股骨头坏死骨质吸收区MR影像评估[J].中国CT和MRI杂志,2023,21
[14]Meier R,Kraus TM,Schaeffeler C,et al.Bone marrow oedema on MR imaging indicates ARCO stage 3 disease in patients with AVN of the femoral head[J].Eur Radiol,2014,24:2271-2278.
[15]Mitchell DG,Rao V,Dalinka M,et al.MRI of joint fluid in the normal and ischemic hip[J].Am J Roentgenol,1986,146:1215-1218.
[16]Gardeniers J.ARCO Committee on Terminology and Staging.Report on the committee meeting at Santiago de Compostella[J].ARCO News1.1993;5:79-82.
[17]Yeh LR,Chen CK,Huang YL,et al.Diagnostic performance of MR imaging in the assessment of subchondral fractures in avascular necrosis of the femoral head[J].Skeletal Radiol,2009,38:559-564.
[18]Iwasaki K,Yamamoto T,Motomura G,et al.Computed tomography findings of subchondral insufficiency fractures of the femoral head[J].J Orthop,2018,15:173-176.
[19]Ikemura S,Yamamoto T,Motomura G,et al.MRI evaluation of collapsed femoral heads in patients 60 years old or older:Differentiation of subchondral insufficiency fracture from osteonecrosis of the femoral head[J].Am J Roentgenol,2010,195:W63-W68.
[20]Wang P,Wang C,Meng H,et al.The role of structural deterioration and biomechanical changes of the necrotic lesion in collapse mechanism of osteonecrosis of the femoral head[J].Orthop Surg,2022,14:831-839.
[21]Daniel M,Herman S,Dol inar D,et al.Contact stress in hips with osteonecrosis of the femoral head[J].Clin Orthop Relat Res,2006,447:92-99.
[22]Fang Bin,He Wei,Zhan Lei,et al.Finite element analysis of stress distribution over femoral head necrosis zones in different necrosis areas[J].The Journal of Traditional Chinese Orthopedics and Traumatology,2012,24:10-15.
[23]Baba S,Motomura G,Ikemura S,et al.Quantitative evaluation of bone resorptive lesion volume in osteonecrosis of the femoral head using micro-computed tomography[J].Joint Bone Spine,2020,87:75-80.
[24]Shi S,Luo P,Sun L,et al.Analysis of MR signs to distinguish between ARCO stages 2 and 3A in osteonecrosis of the femoral head[J].J Magn Reson Imaging,2022,55:610-617.
[25]Hamada H,Takao M,Sakai T,et al.Subchondral fracture begins from the bone resorption area in osteonecrosis of the femoral head:a micro computerised tomography study[J].Int Orthop,2018,42:1479-1484.
[26]Kim J,Lee SK,Kim JY,et al.CT and MRI findings beyond the subchondral bone in osteonecrosis of the femoral head to distinguish between ARCO stages 2 and 3A[J].Eur Radiol,2023,33:4789-4800.

(收稿日期：2024-11-21)　　(校对：翁佳鸿　排版：张鸿燊)

（上接第143页）

[10]王梅,张琳,崔发财,等.MiR-96和miR-424-5p在结直肠癌患者血清中的表达水平及临床意义[J].中华全科医学,2022,20(5):828-831.
[11]DI RE AM,SUN Y,SUNDARESAN P,et al.MRI radiomics in the prediction of therapeutic response to neoadjuvant therapy for locoregionally advanced rectal cancer:a systematic review[J].Expert Rev Anticanc,2021,21(4):425-449.
[12]MEYER HJ,WIENKE A,SUROV A.Can dynamic contrast enhanced MRI predict gleason score in prostate cancer? a systematic review and meta analysis[J].Urol Oncol,2021,39(11):17-25.
[13]COUDERT H,MIRAFZAL S,DISSARD A,et al.Multiparametric magnetic resonance imaging of parotid tumors:A systematic review[J].Diagn Interv Imag,2021,102(3):121-130.
[14]CAO Y,WANG X,SHI J,et al.Multiple parameters from ultrafast dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging to discriminate between benign and malignant breast lesions:comparison with apparent diffusion coefficient[J].Diagn Interv Imag,2023,104(6):275-283.
[15]谢艳琴.多b值弥散加权成像(DWI)联合磁共振动态增强扫描(DCE-MRI)在前列腺癌术前分期中的诊断价值[J].甘肃医药,2023,42(5):420-422.
[16]许敏,何永胜,戚轩,等.ADC值和DCE-MRI定量参数对宫颈癌宫旁浸润的判定价值[J].医学影像学杂志,2022,32(3):480-483.
[17]ARIAN A,TAHER HJ,SUHAIL NAJM ALAREER H,et al.Value of conventional MRI,DCE-MRI,and DWI-MRI in the discrimination of metastatic from non-metastatic lymph nodes in rectal cancer:a systematic review and meta-analysis study[J].Asian Pac J Cancer Prev,2023,24(2):401-410.
[18]AO W,ZHANG X,YAO X,et al.Preoperative prediction of extramural venous invasion in rectal cancer by dynamic contrast-enhanced and diffusion weighted MRI:a preliminary study[J].BMC Med Imaging,2022,28;22(1):78.
[19]AO F,YAN Y,ZHANG ZL,et al.The value of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging combined with apparent diffusion coefficient in the differentiation of benign and malignant diseases of the breast[J].Acta Radiol,2022,63(7):891-900.
[20]刘凯,罗红兰,柯楠,等.DCE-MRI和IVIM-DWI在前列腺癌病理分级和临床分期中的诊断价值分析[J].中国性科学,2022,31(7):31-35.

(收稿日期：2025-08-29)　　(校对：翁佳鸿　排版：张鸿燊)